

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑪ DE 3023444 C2

⑤ Int. Cl. 4.
G 08 B 19/02
G 08 G 1/09

② Aktenzeichen: P 30 23 444.7-32
② Anmeldetag: 23. 6. 80
④ Offenlegungstag: 22. 1. 81
④ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 11. 7. 85

DE 3023444 C2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③ Unionspriorität: ③ ③ ③
29.06.79 JP P83112-79 16.07.79 JP P90818-79
27.09.79 JP P144881-79

⑦ Patentinhaber:
Omron Tateisi Electronics Co., Kyoto, JP

⑦ Vertreter:
Wilhelms, R., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.; Kilian, H.,
Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw., 8000 München

⑦ Erfinder:
Fukamizu, Hiroshi, Takatsuki, Osaka, JP; Nakano,
Masaji, Kyoto, JP; Iba, Kunio, Kobe, Hyogo, JP;
Yamasaki, Taro, Hyogo, JP; Sano, Kenji, Kakogawa,
Hyogo, JP; Odake, Takaaki; Matsuoka, Seiya,
Nagaokakyo, Kyoto, JP; Hirao, Iichi, Kyoto, JP

⑥ Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene
Druckschriften nach § 44 PatG:
DE-AS 27 12 199

⑥ Einrichtung zur Ermittlung des witterungsbedingten Straßenzustandes

DE 3023444 C2

FIG.1

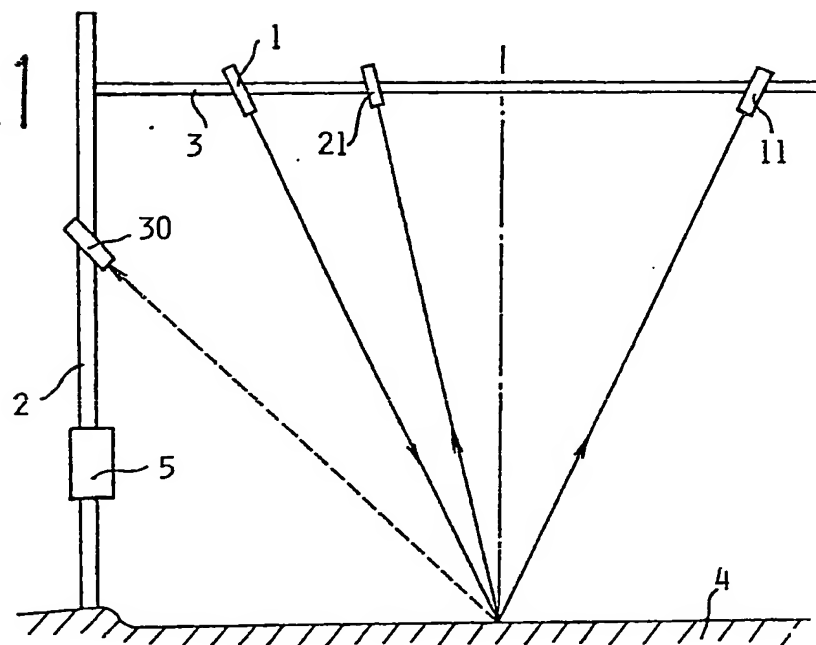
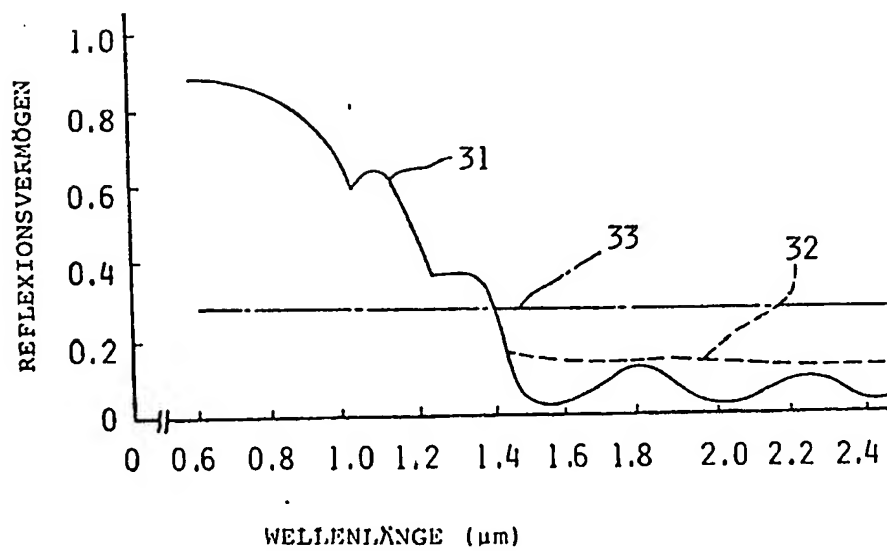


FIG.3



Patentansprüche:

1. Einrichtung zur Ermittlung des witterungsbedingten Straßenzustands, mit einer Lichtwerfereinrichtung zum Einstrahlen von Infrarotstrahlung enthaltendem Licht auf die Straßenoberfläche, mit wenigstens einer Lichtempfängereinrichtung für den Empfang von von der Straßenoberfläche zurückgeworfenem Licht, welche ein von der empfangenen Lichtmenge abhängiges Ausgangssignal erzeugt, und mit einer Signalverarbeitungseinheit, welche dieses Ausgangssignal mit mindestens einem Referenzwert vergleicht und dem Straßenzustand entsprechende Vergleichsausgangssignale abgibt, dadurch gekennzeichnet,
- a) daß das ausgestrahlte Licht Infrarotlicht mit einer Wellenlänge größer als $1,4 \mu\text{m}$ ist,
 b) daß zwei Lichtempfänger (11, 21) vorgesehen sind, die so angeordnet sind, daß der erste (11) direkt reflektierte, der zweite (21) gestreute Infrarotstrahlung aufnimmt,
 c) daß ein Temperaturfühler (30) vorgesehen ist, von dem ein drittes Ausgangssignal der Signalverarbeitungseinheit (5) zugeführt wird.
2. Einrichtung zur Ermittlung des witterungsbedingten Straßenzustands, mit einer Lichtwerfereinrichtung zum Einstrahlen von Infrarotstrahlung enthaltendem Licht auf die Straßenoberfläche, mit wenigstens einer Lichtempfängereinrichtung für den Empfang von von der Straßenoberfläche zurückgeworfenem Licht, welche ein von der empfangenen Lichtmenge abhängiges Ausgangssignal erzeugt, und mit einer Signalverarbeitungseinheit, welche dieses Ausgangssignal mit mindestens einem Referenzwert vergleicht und dem Straßenzustand entsprechende Vergleichsausgangssignale abgibt, dadurch gekennzeichnet,
- a) daß das ausgestrahlte Licht Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge größer als $1,4 \mu\text{m}$ und sichtbares Licht enthält,
 b) daß zwei Lichtempfänger (101; 102; 201, 202) vorgesehen sind, die so angeordnet sind, daß der erste (101; 201) Infrarotes und der zweite (102; 202) sichtbares Streulicht aufnimmt.
3. Einrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein dritter Lichtempfänger (203) für direkt reflektiertes sichtbares Licht und ein Temperaturfühler (204) vorgesehen sind, deren Ausgangssignale ebenfalls der Signalverarbeitungseinheit (250) zugeleitet werden.
4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Signalverarbeitungseinheit (5; 105; 250) eine Beurteilungsschaltung (40; 130; 214) enthält, in der ein bestimmtes Muster von nach verschiedenen Straßenzuständen möglichen Vergleichsausgangssignalen gespeichert ist und die den Straßenzustand durch Vergleich der möglichen Vergleichsausgangssignale mit den tatsächlichen ermittelt.
5. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Beurteilungsschaltung als Logikschaltung (214) ausgebildet ist, die Trockenheit ansprechend auf das Ausgangssignal des Lichtempfängers (201) für Infrarotstreulicht, Schnee ansprechend auf das Ausgangssignal des Lichtempfängers (202) für sichtbares Streulicht, Nässe ansprechend auf das Ausgangssignal des Lichtempfängers (203) für direkt reflektiertes sichtbares Licht und den Frierzustand ansprechend auf das Ausgangssignal des Temperaturfühlers (204) bestimmt.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Wellenlängenbereich der Infrarotstrahlung unterhalb $2,5 \mu\text{m}$ liegt.
7. Einrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Beurteilungsschaltung (40; 130) einen Zeitgeber (14; 144) zum Voreinstellen einer bestimmten Zeitdauer aufweist und auf Feststellung der Konstanz des Vergleichsausgangssignals über eine bestimmte Zeitdauer den Straßenzustand beurteilend eingerichtet ist.

Die Erfindung betrifft Einrichtungen zur Ermittlung des witterungsbedingten Straßenzustands gemäß Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2.

Die Verhütung von Glätte- oder Schneeeinfällen ist ein wesentlicher Gesichtspunkt von Verkehrssystems, wozu es erforderlich ist, den diesbezüglichen Straßenzustand schnell und exakt zu ermitteln.

Eine herkömmliche Einrichtung hierzu ist so aufgebaut, daß ein Detektor, der Wasser und die Temperatur nachweist, unter der Straßenoberfläche installiert ist, wobei die Einrichtung den Straßenzustand aufgrund des Ausgangssignals dieses Detektors beurteilt. Diese bekannte Einrichtung ist jedoch insofern nachteilig, als die Installation des Detektors und seine Wartung im Falle von Defekten erhebliche Straßenarbeiten erforderlich machen. Ein weiterer Nachteil dieser Einrichtung besteht darin, daß sich ihr Nachweisfeld auf den engen Bereich des Detektors beschränkt, so daß sich die gewünschte Ermittlung des Straßenzustands nicht immer exakt durchführen läßt.

Eine weitere herkömmliche Nachweisinrichtung ist so aufgebaut, daß ein Lichtwerfer sichtbare Strahlung auf die zu untersuchende Straßenoberfläche wirft, wobei der Straßenzustand auf der Grundlage des an der Straßenoberfläche reflektierten Lichts ermittelt wird. Eine solche Einrichtung hat den Nachteil, daß sie nicht in der Lage ist, eine trockene Straßenoberfläche von einer mit Schnee, Erde bzw. Sand und Wasser (im folgenden als »Schneematsch« bezeichnet) verschmutzten Straße oder einer Straße mit staubbedecktem Schneebelag (im folgenden als »Schwarzsnee« bezeichnet) zu unterscheiden, weil das Reflexionsvermögen von Schneematsch oder Schwarzsnee dem trockener Straße ähnlich ist. Wenn die mit dieser Einrichtung zu untersuchende

Straßenoberfläche so mit Staub oder Sand belegt ist, daß sie weiß wirkt, kann es Fälle geben, in denen die Straße fälschlicherweise als schneebedeckt beurteilt wird. Eine exakte Ermittlung des Straßenzustands läßt sich mit dieser Einrichtung kaum erwarten.

Eine aus der DE-AS 27 12 199 bekannte Einrichtung der eingangs genannten Art arbeitet mit Wellenlängen im Bereich der Absorptionsbanden von Eis oder Wasser und baut darauf, aus einer Änderung der Intensität des vom Lichtempfänger empfangenen Lichts beim Überfahren der nassen Fahrbahn auf Glatteisbildung schließen zu können.

Demgegenüber soll der Erfindung die Aufgabe zugrunde liegen, eine Einrichtung zu schaffen, die zwischen den witterungsbedingten Straßenzuständen schneebedeckt, gefroren (Glatteis), trocken und naß exakt unterscheiden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch eine Einrichtung wie sie in Anspruch 1 bzw. 2 gekennzeichnet ist.

Für Wellenlängen über $1,4\text{ }\mu\text{m}$ ist das Reflexionsvermögen von Schnee (selbst unverschmutzt) geringer als dasjenige von trockener Straße. Dies macht bei der Einrichtung gemäß Patentanspruch 1 in Verbindung mit einer gleichzeitigen Messung der Temperatur sowie des an der Straßenoberfläche streureflektierten und direkt reflektierten Lichtes eine eindeutige Zuordnung zwischen Meßwerten und den oben genannten witterungsbedingten Straßenzuständen möglich. Bei der Einrichtung gemäß Patentanspruch 2 gilt das gleiche, nur daß sich bei ihr eine Temperaturmessung im Prinzip erübrigt.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Im folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung in Verbindung mit der beigefügten Zeichnung beschrieben. Auf dieser ist

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer bevorzugten Ausführungsform der Straßenzustandsermittlungseinrichtung gemäß der Erfindung,

Fig. 2 ein Blockschaltbild der Ermittlungseinrichtung der Fig. 1,

Fig. 3 eine der Erläuterung der Erfindung dienende Kurvendarstellung des theoretischen spektralen Reflexionsvermögens von schneeiger, gefrorener und trockener Straßenoberfläche,

Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild einer weiteren Ausführungsform der Straßenzustandsermittlungseinrichtung gemäß der Erfindung,

Fig. 5 ein schematisches Blockschaltbild einer wiederum weiteren Ausführungsform der Straßenzustandsermittlungseinrichtung gemäß der Erfindung, und

Fig. 6 ein Flußdiagramm zur Veranschaulichung der Arbeitsweise der Ermittlungseinrichtung der Fig. 5.

Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der Straßenzustandsermittlungseinrichtung gemäß der Erfindung. Die Straßenzustandsermittlungseinrichtung umfaßt einen Lichtwerfer 1, der Infrarotstrahlung auf die zu untersuchende Straßenoberfläche 4 wirft, einen Spiegellichtsensor bzw. Lichtempfänger 11 für an der Straßenoberfläche 4 gerichtete reflektierte Infrarotstrahlung, einen Streulichtsensor bzw. Lichtempfänger 21 für gestreute Infrarotstrahlung, ein Strahlungsthermometer 30 zur Ermittlung der Temperatur der Straßenoberfläche 4 anhand der von ihr abgestrahlten Strahlung und eine mit den Sensoren 11 und 21 sowie dem Thermometer 30 gekoppelte Signalverarbeitungseinheit 5. Die Signalverarbeitungseinheit 5 ist außerdem mit einem (in der Zeichnung nicht dargestellten) Verkehrssicherheitssystem verbunden.

An einem am Rand der Straßenoberfläche 4 stehenden Mast 2 ist ein Trägerarm 3 befestigt. Der Lichtwerfer 1 ist am Arm 3 so befestigt, daß er Licht unter konstantem Einfallswinkel auf einen Nachweisbereich der Straßenoberfläche 4 wirft. Der Einfallswinkel muß nicht besonders gewählt sein, da er die Nachweischarakteristik der Einrichtung nicht beeinflußt. Der Lichtwerfer 1 enthält eine Lampe, die Strahlung im Infrarotbereich des Spektrums zwischen $1,4$ und $2,5$ Mikrometer abstrahlt. Bei der Lampe kann es sich um eine Halogenlampenlampe mit breitem Emissionsspektrum, das sowohl den sichtbaren als auch den Infrarotbereich abdeckt und ein Maximum bei ungefähr 1 Mikrometern hat, oder um eine Quecksilberdampflampe mit einem Emissionsspektrum im Bereich zwischen $1,2$ und $2,5$ Mikrometern handeln. Vor der Lampe ist im Lichtwerfer 1 ein Infrarotfilter vorgesehen, das Infrarotstrahlung mit einer Wellenlänge von mehr als $1,4$ Mikrometer durchläßt. Das einen solchen Infrarotanteil aufweisende Licht der Lampe wird durch eine optische Linse geeignet fokussiert und auf die Straßenoberfläche 4 geworfen. Der Bereich der Oberfläche 4, auf den das Licht in dieser Weise auftrifft, sollte ausreichend groß sein, um Höhenänderungen der Straßenoberfläche durch eine Schneeeauflage zu kompensieren.

Der Spiegellichtsensor 11 ist am Arm 3 so befestigt, daß er das an der Straßenoberfläche 4 unter einem Winkel, der gleich dem Einfallswinkel ist, reflektierte Licht erhält. Der Streulichtsensor 21 ist an, Arm 3 an einer anderen Stelle als der Sensor 11 so befestigt, daß er an der Straßenoberfläche 4 streureflektiertes Licht erhält. Die Sensoren 11 und 21 enthalten photoelektrische Wandlerelemente und Infrarotfilter, die vor diesen angeordnet sind. Die Filter lassen Infrarotstrahlung einer Wellenlänge oberhalb $1,4$ Mikrometern durch, so daß von der Sonne oder der Straßenbeleuchtung herrührendes Fremdlicht vermindert ist. Die photoelektrischen Wandlerelemente können auf der Basis von Bleisulfid (PbS) oder Bleiselenid (PbSe) aufgebaut sein. Die Sensoren 11 und 21 erzeugen also Ausgangssignale, welche die Strahlungsenergien im Spiegel- und streureflektierten Licht wiedergeben.

Gemäß Fig. 2 enthält die Signalverarbeitungseinheit 5 Verstärker 12 und 22, Multiplizierer 13 und 23, Tiefpaßfilter 14 und 24, Komparatoren 15, 16 und 25, und eine Beurteilungsschaltung 40. Eine Wechselspannungsquelle 10 ist mit dem Lichtwerfer 1 verbunden. Von der Spannungsquelle 10 erzeugte Sinussignale einer Frequenz von 60 Hz werden auf die Multiplizierer 13 und 23 gegeben. Durch das Sinussignal der Spannungsquelle 10 wird auch der Lichtwerfer 1 erregt. Die Ausgangssignale der Sensoren 11 und 21 werden durch die Verstärker 12 und 22 verstärkt und die verstärkten Signale auf die Multiplizierer 13 und 23 gegeben. Die Multiplizierer 13 und 23 ziehen die verstärkten Signale synchronisiert mit dem Sinussignal der Spannungsquelle

10 heraus und wandeln die herausgezogenen Signale in Gleichspannungssignale um. Es werden also die durch den Sinus der Spannungsquelle 10 modulierten Signale 11 und 21 zu solchen Gleichspannungssignalen demoduliert. Die Ausgangssignale der Multiplizierer 13 und 23 enthalten das Gleichspannungssignal, ein Wechselspannungssignal von 120 Hz und Rauschen. Die Ausgangssignale werden auf die Tiefpaßfilter 14 und 24 gegeben, welche die 120 Hz Wechselspannungssignale und das Rauschen abblocken, aber die Gleichspannungssignale durchlassen. Die Ausgangssignale der Filter 14 und 24 enthalten Information, die den Zustand der Straßenoberfläche 4 betrifft, und werden auf die Komparatoren 15, 16 und 25 gegeben.

Fig. 3 zeigt die theoretischen Kurven 31, 32 und 33 für das spektrale Reflexionsvermögen einer Straßenoberfläche mit weißem Schneebelag, mit Eisbelag und in trockenem Zustand. Das in Fig. 3 angegebene Reflexionsvermögen meint jeweils das Reflexionsvermögen bezogen auf Bariumsulfat. Das Reflexionsvermögen einer mit einem weißen Schneebelag versehenen Straßenoberfläche, wie es durch Kurve 31 in Fig. 3 wiedergegeben wird, ist hoch im Bereich sichtbarer Wellenlängen, nimmt in der Nähe des Infrarotbereichs allmählich ab und fällt in der Gegend von 1,4 Mikrometer scharf ab. Mit der Alterung des Schnees geht die Reflexionskurve 31 insgesamt etwas nach unten. Die Kurve 33 ändert sich ebenfalls mit den Bedingungen.

Die experimentellen Werte für die Ausgangssignale der Filter 14 und 24 sind in der folgenden Tabelle 1 mit Bezug auf trockene Beton- (oder Asphalt-)Oberfläche (TROCKEN), nasse Beton- (oder Asphalt-)Oberfläche (NASS) und schneebedeckte Beton- (oder Asphalt-)Oberfläche (SCHNEE) wiedergegeben. Der Zustand SCHNEE ist weiter unterteilt in die drei Zustände WEISSER SCHNEE, SCHNEEMATSCH und SCHWARZSCHNEE. Die in der Tabelle 1 enthaltenen Werte sind typische Werte im Wellenlängenbereich zwischen 1,4 und 2,5 Mikrometer.

Tabelle 1

Zustand	Ausgangssignal	Spiegelreflexion	Streureflexion
		(Filter 14)	(Filter 24)
trocken		200	340
nass		800	140
Schnee	weißer Schnee	100	200
	Schneematsch	80	100
	Schwarzsnee	100	160

Aus Tabelle 1 ergibt sich, daß das Reflexionsvermögen von Schnee unabhängig davon, ob es sich um weißen Schnee, Schneematsch, oder Schwarzsnee handelt, geringer ist, was daran liegt, daß Schnee Infrarotstrahlung absorbiert. Bei nassem Straßenzustand wird Infrarotstrahlung durch Wasser absorbiert, andererseits spiegelt die nasse Straße, so daß das Spiegelreflexionsvermögen erhöht ist, während das Streureflexionsvermögen herabgesetzt ist. Bei trockenem Straßenzustand, bei dem die Straßenoberfläche diffus bzw. rauh ist, liegt das Spiegelreflexionsvermögen zwischen dem Reflexionsvermögen für nassen und demjenigen für Schnee-Straßenzustand, während das Streureflexionsvermögen über demjenigen für nassen und Schnee-Straßenzustand liegt.

Im Komparator 15 ist intern so ein Referenzsignalpegel, Pegel A1 (beispielsweise 150 mV), gesetzt, daß er zwischen den Ausgangssignalwerten des Filters 14 für trockene und schneebedeckte Straße liegt. Im Komparator 16 ist ein Referenzsignalpegel, Pegel A2 (beispielsweise 500 mV), so gesetzt, daß er zwischen den Ausgangssignalwerten des Filters 14 für nasse und trockene Straße liegt. Im Komparator 25 ist ebenfalls intern ein Referenzsignalpegel, Pegel B (beispielsweise 250 mV), so gesetzt, daß er zwischen den Ausgangssignalwerten des Filters 24 für trockene und nasse oder schneebedeckte Straße liegt. Im Hinblick auf Tabelle 1 sind die einzelnen Komparatoren 15, 16 und 25 so eingerichtet, daß sie je nach Ausgangssignalwerten der Filter 14 und 24 Logiksignale »1« oder »0« erzeugen, wie sie in der folgenden Tabelle 2 gezeigt sind.

Tabelle 2

Spiegelreflexion (Ausgangssignale des Filters 14)			Streureflexion (Ausgangssignale des Filters 24)		
Zustand	Ausgangssignal Komparator 15	Ausgangssignal Komparator 16	Zustand	Ausgangssignal Komparator 25	
	1	0		1	
naß	($> A1$)	($> A2$)	trocken	($> B$)	5
--- ✓ ----- Pegel A2 ----- ✓ Pegel B -----					
	1	1		0	
trocken	($\geq A1$)	($< A2$)	naß oder Schnee	($\leq B$)	10
--- ✓ ----- Pegel A1 -----					
	0	1			
Schnee	($\leq A1$)	($< A2$)			15

A1 = 150 mV A2 = 500 mV B = 250 mV

In Tabelle 2 zeigen die Logikdaten (1,0), (1,1) und (0,1) als Kombination der Ausgangsdaten der Komparatoren 15 und 16 den Straßenzustand Naß, Trocken bzw. Schnee an. Das Logiksignal »1« des Komparators 25 bedeutet trockenen Straßenzustand, das Logiksignal »0« dieses Komparators nassen oder Schnee-Straßenzustand. Die von den Komparatoren 15, 16 und 25 erzeugten und in Tabelle 2 wiedergegebenen Logiksignale werden auf die Beurteilungsschaltung 40 gegeben. Das Strahlungsthermometer 30 ist am Mast 2 so befestigt, daß es die Temperatur des durch den Lichtwerfer 1 bestrahlten Nachweissbereichs der Straßenoberfläche 4 mißt, wobei ein vom Thermometer erzeugtes, die festgestellte Temperatur ergebendes Signal ebenfalls auf die Beurteilungsschaltung 40 gegeben wird. Die Beurteilungsschaltung 40 enthält eine Logikschaltung, welche eine abschließende Beurteilung des Zustands der Straßenoberfläche 4 abgibt, die auf der Beurteilung auf der Basis der Logiksignale bzw. Vergleichsausgangssignale der Komparatoren 15 und 16 für spiegelreflektiertes Licht, der Beurteilung auf der Basis der Logiksignale des Komparators 25 für streureflektiertes Licht sowie dem Signal des Thermometers 30 für die festgestellte Temperatur beruht. In der gleichen Logikschaltung wird die abschließende Beurteilung in die vier Zustände Trocken, Naß, Gefroren (Glattels) und Schnee klassifiziert. Mit anderen Worten, die Logikschaltung der Schaltung 40 enthält ein vorgegebenes Muster von Logiksignalen, wie es in Tabelle 3 gezeigt ist, und führt die abschließende Beurteilung entsprechend diesem Muster durch.

Tabelle 3

Abschließende Beurteilung	Beurteilung basierend auf Spiegelreflexion	Beurteilung basierend auf Streureflexion	Beurteilung basierend auf Temperatur	
trocken	trocken	trocken	keine	
naß	naß	naß oder Schnee	naß ($> -3^{\circ}\text{C}$)	
gefroren	naß	naß oder Schnee	gefroren ($\leq -3^{\circ}\text{C}$)	50
	trocken	naß oder Schnee		
Schnee	Schnee	trocken	keine	55
	Schnee	naß oder trocken		

Die Kombination der Tabelle 3 kann durch Änderung der Referenzpegel A1, A2 und B beliebig abgewandelt werden.

Die Beurteilungsschaltung 40 enthält ein mit den Komparatoren 15, 16 und 25 verbundenes Register 41, einen Zeitgeber 44, einen Dekodierer 42, ein ODER-Glied 43, UND-Glieder 46 und 48, und ein NICHT-Glied 47. Im Zeitgeber 45 ist eine bestimmte minimale Nachweiszeit eingestellt, welche länger als die Zeit ist, während der ein vorbeifahrender Wagen im Nachweissbereich der Straßenoberfläche 4 des Systems vorhanden ist. Das vom Lichtwerfer 1 kommende reflektierte Licht wird nämlich durch den auf der Straßenoberfläche 4 vorhandenen vorbeifahrenden Wagen unterbrochen, die Zeit, für die dies geschieht, ist im allgemeinen jedoch kürzer als die Zeit, während der das reflektierte Licht durch die Sensoren unbehindert empfangen wird. Die minimale Nachweiszeit wird dementsprechend vorher im Zeitgeber 44 eingestellt, und wenn irgendeines der Ausgangssignale der Komparatoren 15, 16 und 17 während der eingestellten minimalen Nachweiszeit unverändert bleibt, wird die abschließende Beurteilung entsprechend diesem Muster durch.

der bleibt, werden die Ausgangssignale der Komparatoren zur nachfolgenden Aufgabe auf den Dekodierer 42 im Register 41 zwischengespeichert. Der Dekodierer 42, das ODER-Glied 43, die UND-Glieder 46 und 48 und das NICHT-Glied 47 verarbeiten die Ausgangssignale des Registers 41 entsprechend der in Tabelle 3 wiedergegebenen Logiktafel und erzeugen Beurteilungssignale, die anzeigen, daß der Zustand der Straßenoberfläche 4 gefroren, naß, schneelig oder trocken ist.

Bei der vorliegenden Ausführungsform verwendet die Straßenzustandsermittlungseinrichtung Infrarotstrahlung im Wellenlängenbereich oberhalb 1,4 Mikrometer, in welchem das Reflexionsvermögen von Schnee geringer als dasjenige trockener Straße ist, und ist dabei in der Lage, jede Art von Schnee, wie etwa weißen Schnee, Schneematsch, Schwarzsnee oder dergleichen, zu ermitteln. Die Straßenzustandsermittlungseinrichtung kann gegebenenfalls durch Weglassen des Thermometers 30 abgewandelt sein. Es versteht sich, daß die Straßenzustandsermittlungseinrichtung dann zwar in der Lage ist, Trockenheit, Nässe oder Schnee festzustellen, nicht aber, ob die Nässe Nässe im eigentlichen Sinne oder gefrorene Nässe (Zustand Gefroren bzw. Glattels) ist.

Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform der Straßenzustandsermittlungseinrichtung gemäß der Erfindung, die eine Abwandlung der in Fig. 2 gezeigten Einrichtung ist. Die Ermittlungseinrichtung der Fig. 4 benützt Licht bei sichtbaren und Infrarotwellenlängen, wodurch eine gefrorene Straßenoberfläche ohne Verwendung eines Thermometers nachgewiesen werden kann, und umfaßt einen Lichtwerfer 103, einen Infrarotreflexionssensor bzw. Lichtempfänger 101 für infrarotes Streulicht, einen Reflexionssensor bzw. Lichtempfänger 102 für sichtbares Streulicht, Verstärker 111 und 121, Tiefpaßfilter 112 und 122, Komparatoren 113, 114 und 123 sowie eine Beurteilungsschaltung 130. Der Lichtwerfer 103 kann an der Stelle des Thermometers 30 der Fig. 1 so angeordnet sein, daß er Licht mit sichtbaren und Infrarotwellenlängen auf ein mit der Einrichtung zu untersuchendes Nachweissfeld der Straßenoberfläche wirft. Der Infrarotreflexionssensor 101 und der Reflexionssensor für sichtbares Licht 102 können etwa in der Lage von Lichtwerfer 1 oder Sensor 21 aus Fig. 1 so angeordnet sein, daß sie an der Straßenoberfläche streureflectierte Infrarot- und sichtbare Strahlung empfangen. Der Lichtwerfer 103 enthält eine Lichtquelle, welche Strahlung im Sichtbaren und Infraroten (1,4 bis 2,5 Mikrometer) erzeugt und kann eine Quecksilberdampfampe sein. Der Infrarotreflexionssensor 101 kann den gleichen Aufbau haben wie Sensor 11 oder 21 aus Fig. 1 und weist streureflectierte Infrarotstrahlung bei Wellenlängen zwischen 1,4 und 2,5 Mikrometer nach. Der Reflexionssensor für sichtbares Licht 102 enthält eine Photodiode und ein im Sichtbaren durchlässiges Filter, so daß er nur streureflectiertes sichtbares Licht nachweist. Die von den Sensoren 101 und 102 erzeugten Ausgangssignale werden durch die Verstärker 111 und 121 verstärkt, durch die Filter 112 und 122 zur Verminderung von Fremdstörungen gefiltert und als Gleichspannungssignale auf die Komparatoren 113, 114 und 123 gegeben. Falls gewünscht, können das Licht des Lichtwerfers 103 mit einer geeigneten Frequenz moduliert und die modulierten Signale der Sensoren 101 und 102 in den Verstärkern 111 und 121 demoduliert werden, wie dies für die Einrichtung der Fig. 2 vorgesehen ist.

Wie in Fig. 3 dargestellt, ist das Reflexionsvermögen für gefrorene Straße bzw. Glattels bei Wellenlängen oberhalb 1,4 Mikrometer höher als dasjenige von Schnee (oder Wasser) und niedriger als dasjenige von trockener Straßenoberfläche (Beton oder Asphalt). Die Tendenz dieser Reflexionskurven bleibt erhalten, auch wenn die Reflexionswinkel für die Sensoren 101 und 102 geändert werden.

In Tabelle 4 sind die von den Komparatoren 113, 114 und 123 erzeugten logischen Ausgangssignaldaten basierend auf den experimentellen Daten der Einrichtung der Fig. 4 für vier Straßenzustände, nämlich trocken, gefroren, schneebedeckt und naß wiedergegeben.

Tabelle 4

Straßenzustand	Infrarot-Reflexionssignal (Ausgangssignal des Filters 112)			Sichtbares Reflexionssignal (Ausgangssignal des Filters 122)		
	Signalpegel	Ausgangssignal Komparator 113	Ausgangssignal Komparator 114	Straßenzustand	Signalpegel	Ausgangssignal Komparator 123
trocken	550	1 ($> C1$)	0 ($\geq C2$)	weißer Schnee	750	1 ($> D$)
----- ∇ ----- Pegel C2 ----- ∇ ----- Pegel D -----						
gefroren	330	1 ($> C1$)	1 ($< C2$)	naß	80	0 ($\leq D$)
----- ∇ ----- Pegel C1 -----						
Schnee oder naß	80	0 ($\leq C1$)	1 ($< C2$)			

Pegel: C1 = 200 mV, C2 = 400 mV, D = 150 mV

Die oben angegebenen Ausgangssignalwerte der Filter 112 und 122 sind die mittleren Ausgangssignalwerte der Filter, gemessen über den Spektralbereich von Infrarot-Reflexionslicht zwischen 1,4 und 2,5 Mikrometer. Der Komparator 113 hat einen Referenzsignalpegel Pegel C1, so daß, wenn der Straßenzustand trocken oder gefro-

ren ist, der Komparator 113 das Logiksignal »1« erzeugt. Der Komparator 114 hat einen Referenzsignalpegel Pegel C2, so daß, wenn der Straßenzustand gefroren, schneebedeckt oder naß ist, der Komparator 114 das Logiksignal »1« erzeugt. Der Komparator 123 hat einen Referenzsignalpegel Pegel D, so daß, wenn der Straßenzustand schneebedeckt oder trocken ist, der Komparator 123 das Logiksignal »1« erzeugt. Durch Vergleich des Ausgangssignals des Filters 112 und desjenigen des Filters 122 mit den Referenzsignalpegeln Pegeln C1, Pegel C2 und Pegel D erzeugen die betreffenden Komparatoren 113, 114 und 123 als Logiksignale »1« oder »0«, die den betreffenden Straßenzuständen entsprechen, wie dies in Tabelle 4 gezeigt ist.

In Tabelle 4 ist das Infrarot-Reflexionsvermögen von Schnee oder Wasser verhältnismäßig niedrig, weil die Infrarotstrahlung durch Wasserkomponenten absorbiert wird. Schnee in der Spalte Infrarot-Reflexionssignal der Tabelle 4 schließt Schneematsch- und Schwarzsnee-Bedingungen ein. Gefrorene Straßenoberfläche hat ein Reflexionsvermögen, das über demjenigen von schneebedeckter oder nasser Straße liegt, weil die Infrarotstrahlung durch Eis nicht absorbiert wird. Bei trockener Straße erzeugt das Filter 112 das höchste Ausgangssignal, weil eine trockene Straßenoberfläche eine zerstreute bzw. raue Oberfläche hat. Bei weißem Schnee erzeugt das Filter 122 das höchste Ausgangssignal, weil das Reflexionsvermögen bei sichtbaren Wellenlängen nahezu 100% beträgt. Weißer Schnee in der Spalte sichtbares Reflexionssignal der Tabelle 4 schließt Schneematsch- oder Schwarzsnee-Bedingungen nicht ein. Das Ausgangssignal des Filters 122 hat den niedrigsten Wert bei nasser Straße, weil nasse Straße eine Spiegelfläche hat und die Streureflexion vermindert ist, obwohl die Spiegelreflexion erhöht ist. Bei trockenem Straßenzustand hat die Straße eine diffuse bzw. raue Oberfläche mit niedrigem Reflexionsvermögen, das demjenigen von Schneematsch oder Schwarzsnee im Sichtbaren ähnlich ist.

Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, daß, wenn die Kombinationsdaten der Ausgangssignale der Komparatoren 113 und 114 (nämlich Ausgangssignal des Komparators 113, Ausgangssignal des Komparators 114) (1,0) sind, diese Kombinationsdaten den Straßenzustand trocken anzeigen. Wenn die Kombination (1,1) ist, zeigt dies den Straßenzustand gefroren (Glattels) an. Die Kombination (0,1) zeigt den Straßenzustand Schnee oder Nässe an.

Die Beurteilungsschaltung 130 erzeugt ein Ausgangssignal, daß den Straßenzustand Schnee, Gefroren, Nässe oder Trockenheit, basierend auf den Ergebnissen des Vergleichs in den Komparatoren 113, 114 und 123, repräsentiert. Das heißt, die Schaltung 130 beurteilt den Straßenzustand auf der Grundlage der Ausgangssignale der Komparatoren 113 und 114, die sich auf Infrarotstrahlung beziehen. Ferner beurteilt die Schaltung 130 den Straßenzustand auf der Grundlage der Ausgangssignale des Komparators 123, die sich auf sichtbare Strahlung beziehen. Dann beurteilt die Beurteilungsschaltung 130 schließlich den Straßenzustand auf der Grundlage der beiden sich auf Infrarotstrahlung und auf sichtbare Strahlung beziehenden Beurteilungen, wie dies in Tabelle 5 gezeigt ist.

Tabelle 5

Abschließende Beurteilung	Beurteilung basierend auf Infrarotreflexion	Beurteilung basierend auf sichtbarer Reflexion
	trocken	Schnee oder trocken
trocken	trocken	naß
	gefroren	Schnee oder trocken
gefroren	gefroren	naß
naß	naß oder Schnee	naß
Schnee	naß oder Schnee	trocken oder Schnee

Mit anderen Worten, die Beurteilungsschaltung 130 hat ein vorgegebenes Muster von Signalen, wie es in Tabelle 5 gezeigt ist, und beurteilt die betreffenden Straßenzustände auf der Grundlage der Ausgangssignale der Komparatoren 113, 114 und 123. Es versteht sich, daß die Kombination der Tabelle 5 nur ein Beispiel ist, und daß andere geeignete Beurteilungsschemata ebenfalls angelegt werden können. Die Beurteilungsschaltung 130 besteht aus einem Register 141, einem Dekodierer 142, einem ODER-Glied 143 sowie einem Zeitgeber 144 und hat dabei ähnliche Funktionen wie die Beurteilungsschaltung der Fig. 2. Die Beurteilungsschaltung 130 kann auch ein Mikroprozessor oder zu einer anderen ähnlichen Schaltung abgewandelt sein.

Bei der vorliegenden Ausführungsform benutzt die Ermittlungseinrichtung Infrarotstrahlung im Spektralbereich zwischen 1,4 und 2,5 Mikrometer, kann aber auch monochromatisches Licht bei 1,5 oder 2,5 Mikrometer verwenden, in welchem Fall man eine bessere Unterscheidung zwischen den Reflexionsvermögen bei nasser und gefrorener Straße erhält, wodurch eine genauere Unterscheidung einer nassen von einer gefrorenen Straßenoberfläche erreicht wird.

Die Ermittlungseinrichtung gemäß vorliegender Ausführungsform stellt den gefrorenen Straßenzustand in Unterscheidung von einem nassen Straßenzustand ohne Feststellung der Temperatur der Straßenoberfläche fest, so daß selbst bei Anhebung der Temperatur der Straßenoberfläche durch den Einsatz von Taumitteln auf derselben der darunterliegende gefrorene Grundstraßenzustand weiterhin als gefroren beurteilt wird, solange er gefroren bleibt. Die Ermittlungseinrichtung kann nämlich Straßenzustände unabhängig von der Temperatur der Straßenoberfläche ermitteln.

Die Sensoren 101 und 102 sind so eingerichtet, daß sie Streulicht erhalten. Falls gewünscht, kann aber der eine der Sensoren oder können beide Sensoren in Lagen angeordnet werden, wo sie spiegelreflektiertes Licht erhalten, wenn dann auch die Kombination in den Tabellen 4 und 5 in gewissem Maße modifiziert werden muß.

- Fig. 5 zeigt eine weitere Ausführungsform der Straßenzustandsermittlungseinrichtung gemäß der Erfindung. Die Einrichtung umfaßt Sensoren, zu denen ein Infrarot-Streulichtsensor bzw. Lichtempfänger 201 für an der Straßenoberfläche gestreute Infrarotstrahlung, ein Streulichtsensor bzw. Lichtempfänger 202 für an der Straßenoberfläche gestreutes sichtbares Licht und ein Spiegellichtsensor bzw. Lichtempfänger 203 für an der Straßenoberfläche direkt reflektiertes sichtbares Licht sowie ein Strahlungsthermometer 204 zum Abfühlen der Temperatur der Straßenoberfläche gehören. Ein Lichtwerfer 200 projiziert Infrarotstrahlung bei Wellenlängen zwischen 1,4 und 2,5 Mikrometer, welche durch den Sensor 201 empfangen wird, und außerdem sichtbare Strahlung bei Wellenlängen zwischen 0,5 und 1,09 Mikrometer, welche durch die Sensoren 202 und 203 empfangen wird. Der Lichtwerfer 200 kann an der gleichen Stelle wie der in Fig. 1 gezeigte Lichtwerfer 1 angeordnet sein, die Sensoren 201 und 202 können an der gleichen Stelle sitzen wie der Sensor 21 in Fig. 1, und schließlich kann der Sensor 203 an der gleichen Stelle wie der Sensor 11 der Fig. 1 angeordnet sein. Ferner können das Thermometer 204 und eine Signalverarbeitungseinheit 250 an den gleichen Stellen wie das Thermometer 30 bzw. die Einheit 5 der Fig. 1 angeordnet sein.

- Die Ausgangssignale der Sensoren 201 bis 203 und des Thermometers 204 werden auf Verstärker 205 bis 207 bzw. 208 gegeben. Wie in Fig. 5 gezeigt, werden die Ausgangssignale dieser Verstärker entsprechend auf Komparatoren 209 bis 213 gegeben. Die Komparatoren 209 bis 213 weisen Referenzsignalpegel, Pegel 1 bis Pegel 5 auf, welche auf der Grundlage von statistisch ausgewählten Daten, die den Straßenzuständen Trocken, Schnee, Nässe und Gefroren (Glattels) entsprechen, vorher bestimmt werden. Die Beziehung der Größen der betreffenden Ausgangssignale der Verstärker 205 bis 208 zu den Pegeln Pegel 1 bis 5, ist in der folgenden Tabelle 6 gezeigt.

Tabelle 6

Zustand	trocken	naß	Schnee	gefroren	Vergleichsergebnisse
Ausgangssignal					
Verstärker 205 (gestreutes Infrarot)	↓	↓	↑	↓	trocken, Schnee Pegel 1 (Komparator 209) naß, Schnee, gefroren
Verstärker 206 (gestreutes sichtbares Licht)	↓	↓	↑	↓	Schnee Pegel 2 (Komparator 210) Schnee, trocken Pegel 3 (Komparator 211) naß, gefroren, trocken
Verstärker 207 (spiegelreflektiertes sichtbares Licht)	↓	↑	↑	↓	naß, Schnee Pegel 4 (Komparator 212) trocken, naß, Schnee, gefroren
Verstärker 208 (Temperatur)	↓	↑	↑	↓	trocken, naß, Schnee Pegel 5 (Komparator 213) trocken, naß, Schnee, gefroren

- Wenn die Größe des Ausgangssignals des Verstärkers 205 größer als der Pegel Pegel 1 ist, erzeugt der Komparator 209 ein Logiksignal »1«, welches darauf hinweist, daß die Straße trocken oder schneebedeckt ist, während wenn die Größe nicht darüber liegt, der Komparator ein Logiksignal »0« erzeugt, das darauf hinweist, daß die Straße naß, schneebedeckt oder gefroren ist. Wenn die Größe des Ausgangssignals des Verstärkers 206 über Pegel 2 liegt, erzeugt der Komparator 210 ein Logiksignal »1«, das darauf hinweist, daß die Straße schneebedeckt ist, während wenn die Größe nicht darüber liegt der Komparator ein Logiksignal »0« erzeugt, das darauf hinweist, daß die Straße trocken, naß, schneebedeckt oder gefroren ist. Wenn die Größe des Ausgangssignals des Verstärkers 206 über Pegel 3 liegt, erzeugt der Komparator 211 ein Logiksignal »1«, welches darauf hinweist, daß die Straße schneebedeckt oder trocken ist, während, wenn die Größe unter Pegel 3 liegt, der Komparator 211 ein Logiksignal »0« erzeugt, das darauf hinweist, daß die Straße trocken, naß oder gefroren ist. Wenn die Größe des Ausgangssignals des Verstärkers 207 über Pegel 4 liegt, erzeugt der Komparator 212 ein Logiksignal »1«, das darauf hinweist, daß die Straße naß oder schneebedeckt ist, während, wenn die Größe nicht darüber liegt, der Komparator ein Logiksignal »0« erzeugt, das darauf hinweist, daß die Straße trocken, naß, schneebedeckt oder gefroren ist. Wenn die Größe des Ausgangssignals des Verstärkers 208 über Pegel 5 liegt, erzeugt der Komparator 213 ein Logiksignal »1«, das darauf hinweist, daß die Straße trocken, naß oder schneebedeckt ist, während, wenn die Größe nicht darüber liegt, der Komparator 213 ein Logiksignal »0« erzeugt, das darauf hinweist, daß die Straße trocken, naß, schneebedeckt oder gefroren ist. Die Pegel Pegel 1 bis 5 können gegebenenfalls durch eine (in der Figur nicht gezeigte) Korrekturschaltung entsprechend der Intensität des

durch den Lichtwertler 200 eingestrahlt Lichts korrigiert werden.

Die Ergebnisse der in den Komparatoren 209 bis 213 durchgeführten Vergleiche werden auf eine Logikschaltung 214 gegeben, welche den Straßenzustand entsprechend einem in Fig. 6 gezeigten Flußdiagramm beurteilt. Im Schritt 302 fragt die Schaltung 214 ab, ob das am Komparator 209 erzeugte Logiksignal »1« ist. Eine Ja-Antwort wird auf Schritt 307 gegeben, in welchem abgefragt wird, ob das am Komparator 210 erzeugte Logiksignal »1« ist. Eine Ja-Antwort im Schritt 307 repräsentiert, daß der Straßenzustand Schnee ist, und wird auf einen Schritt 308 gegeben. Eine Nein-Antwort im Schritt 307 repräsentiert, daß der Straßenzustand trocken ist, und wird auf den Schritt 308 gegeben. Eine Ja-Antwort im Schritt 302 repräsentiert, daß, wie oben beschrieben, der Straßenzustand trocken oder Schnee ist, wobei Schnee weißen Schnee meint.

Eine Nein-Antwort im Schritt 302, die auf einen der Zustände Naß, Schnee und Gefroren hinweist, wird auf einen Schritt 303 gegeben, in welchem abgefragt wird, ob das Logiksignal am Komparator 210 »1« ist. Eine Ja-Antwort im Schritt 303 bedeutet Schneezustand und wird auf den Schritt 308 gegeben. Eine Nein-Antwort aus Schritt 303 weist auf einen der Zustände Schnee, Naß und Gefroren hin, weil davon auszugehen ist, daß der Zustand Trocken in den Schritten 302 und 307 ermittelt worden ist, und wird auf Schritt 304 gegeben. Daher repräsentiert eine Ja-Antwort im Schritt 304, daß der Straßenzustand Schnee ist, und wird auf Schritt 302 gegeben. Wenn das am Komparator 211 erzeugte Logiksignal »0« ist, erfolgt im Schritt 304 eine Nein-Antwort und wird auf Schritt 305 gegeben. Die Nein-Antwort aus Schritt 304 bedeutet die Möglichkeit, daß der Straßenzustand Naß oder Gefroren ist, weil der Zustand Trocken in den Schritten 302 und 307 ermittelt worden ist. In Schritt 305 wird abgefragt, ob der Straßenzustand Naß oder Gefroren ist. Da das Logiksignal »1« am Komparator 212 darauf hinweist, daß der Zustand Naß oder Schnee ist, repräsentiert eine Ja-Antwort aus Schritt 305, daß der Zustand Naß ist. Eine Nein-Antwort aus Schritt 305 weist jedoch immer noch darauf hin, daß der Zustand Naß oder Gefroren ist, und wird auf Schritt 306 gegeben. Eine Ja-Antwort aus Schritt 306 zeigt an, daß der Straßenzustand Naß, nicht aber Gefroren ist, und wird auf den Schritt 308 gegeben. Andererseits repräsentiert eine Nein-Antwort aus Schritt 306, daß der Zustand Gefroren ist, und wird auf den Schritt 308 gegeben. Der im Schritt 306 ermittelte Zustand Gefroren schließt den Zustand ein, daß die Oberfläche der gefrorenen Straße naß ist.

Im Schritt 308 werden die betreffenden vier Vergleichsergebnisse aus den Schritten 302 bis 307 sequentiell in der Reihenfolge Trockenheit, Schnee, Nässe und Eis beurteilt, wobei die Schaltung 214 schließlich eine abschließende Beurteilung durchführt, daß die mit den Sensoren abgefühlte Straßenoberfläche einen der vier Straßenzustände einnimmt.

Da Komparator 213 hat nur einen einzigen Referenzsignalpegel Pegel 5, kann aber in einer Weise abgewandelt sein, daß er zwei Referenzsignalpegel, die den Temperaturen 0° C und -2° C entsprechen, aufweist. Ferner kann das Flußdiagramm so abgewandelt sein, daß der Zustand Naß, der Zustand Naß und Gefroren oder der Zustand Gefroren nachgewiesen werden.

Bei der vorliegenden Ausführungsform werden die einzelnen Straßenzustände durch die betreffenden Sensoren ermittelt, so daß sich die Ermittlung des jeweiligen Straßenzustands exakt durchführen läßt. Der Straßenzustand Trocken wird durch den Sensor 201, basierend auf streureflektiertem Infrarotlicht, ermittelt. Der Straßenzustand Schnee wird durch den Sensor 202, basierend auf streureflektiertem sichtbarem Licht, ermittelt. Der Straßenzustand Naß wird durch den Sensor 203, basierend auf spiegelreflektiertem sichtbarem Licht, ermittelt. Der Straßenzustand Gefroren wird durch den durch das Thermometer 204 gegebenen Sensor, basierend auf der Straßentemperatur, ermittelt. Die Straßenzustandsermittlungseinrichtung gemäß vorliegender Ausführungsform kann daher die Ermittlung exakt und schnell durchführen.

Aus obiger Beschreibung von Ausführungsformen der Erfindung ist ersichtlich, daß die Straßenzustandsermittlungseinrichtung als wesentliches Element Infrarotstrahlung für die Ermittlung der einzelnen Straßenzustände heranzieht, indem die Tatsache ausgenutzt wird, daß die durch die verschiedenen Zustände gegebenen Straßenoberflächen unterschiedliches Reflexionsvermögen für Infrarotstrahlung haben, und daß die Straßenzustandsermittlungseinrichtung eine ausgezeichnete Ermittlung des Straßenzustands leistet.

Bei obigen Ausführungsformen wurde die kürzeste Wellenlänge der bei ihnen verwendeten Infrarotstrahlung als 1,4 Mikrometer beschrieben, was auf experimentellen Daten unter bestimmten Gegebenheiten beruht, sie kann aber entsprechend den jeweiligen Gegebenheiten abgewandelt werden, solange nur bei über der kürzesten Wellenlänge liegenden Wellenlängen das Reflexionsvermögen von Schnee geringer als dasjenige von trockener Straße ist.

Die Nachweiseinrichtung gemäß obiger Ausführungsformen kann ferner dahingehend abgewandelt werden, daß die Einrichtung den Straßenzustand innerhalb einer bestimmten Zeit, beispielsweise 6 Stunden, nachdem ein Taumittel gestreut worden ist, als Nässe beurteilt, obwohl der Straßenzustand eigentlich der Zustand Gefroren ist.

FIG.2

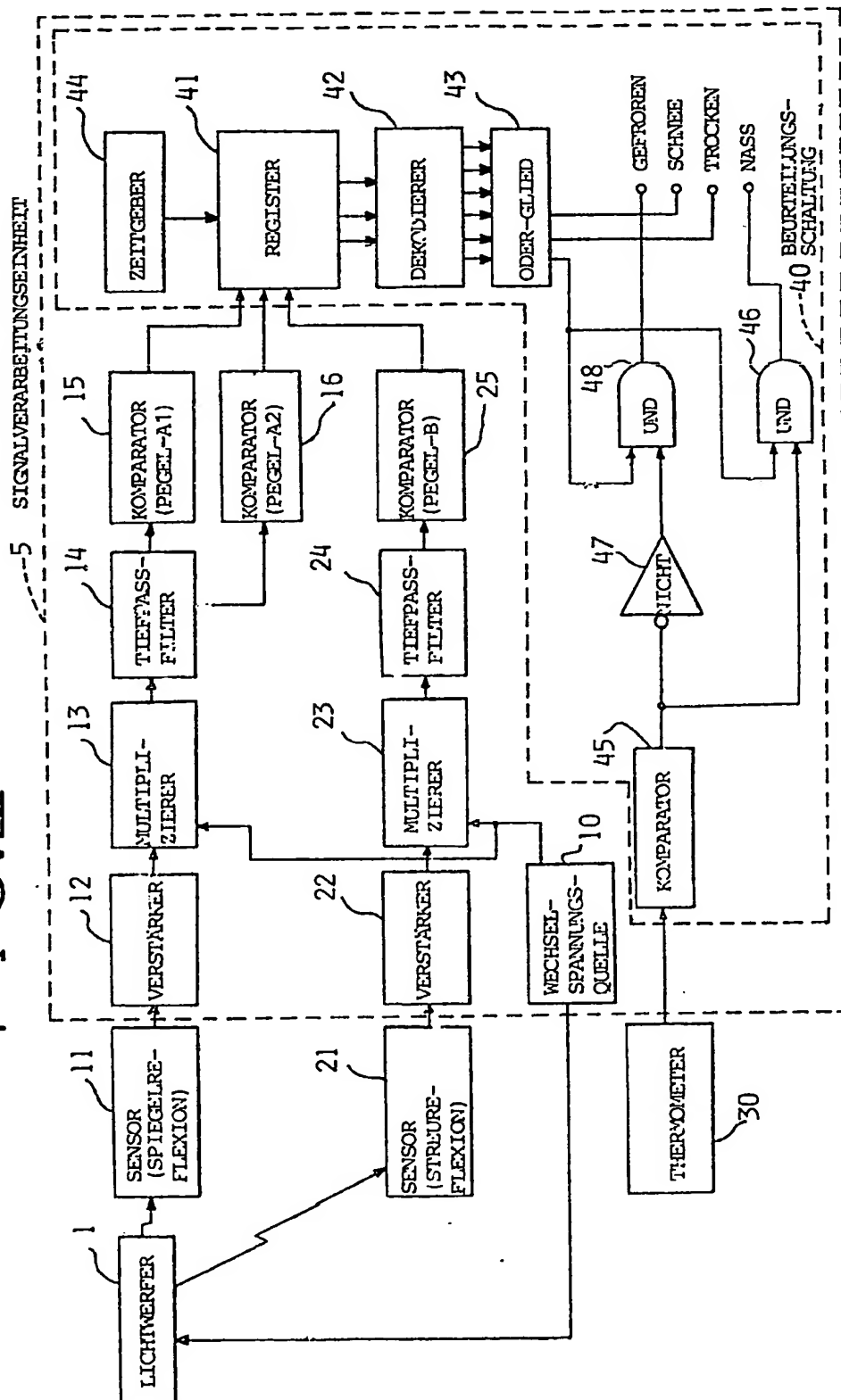


FIG. 4

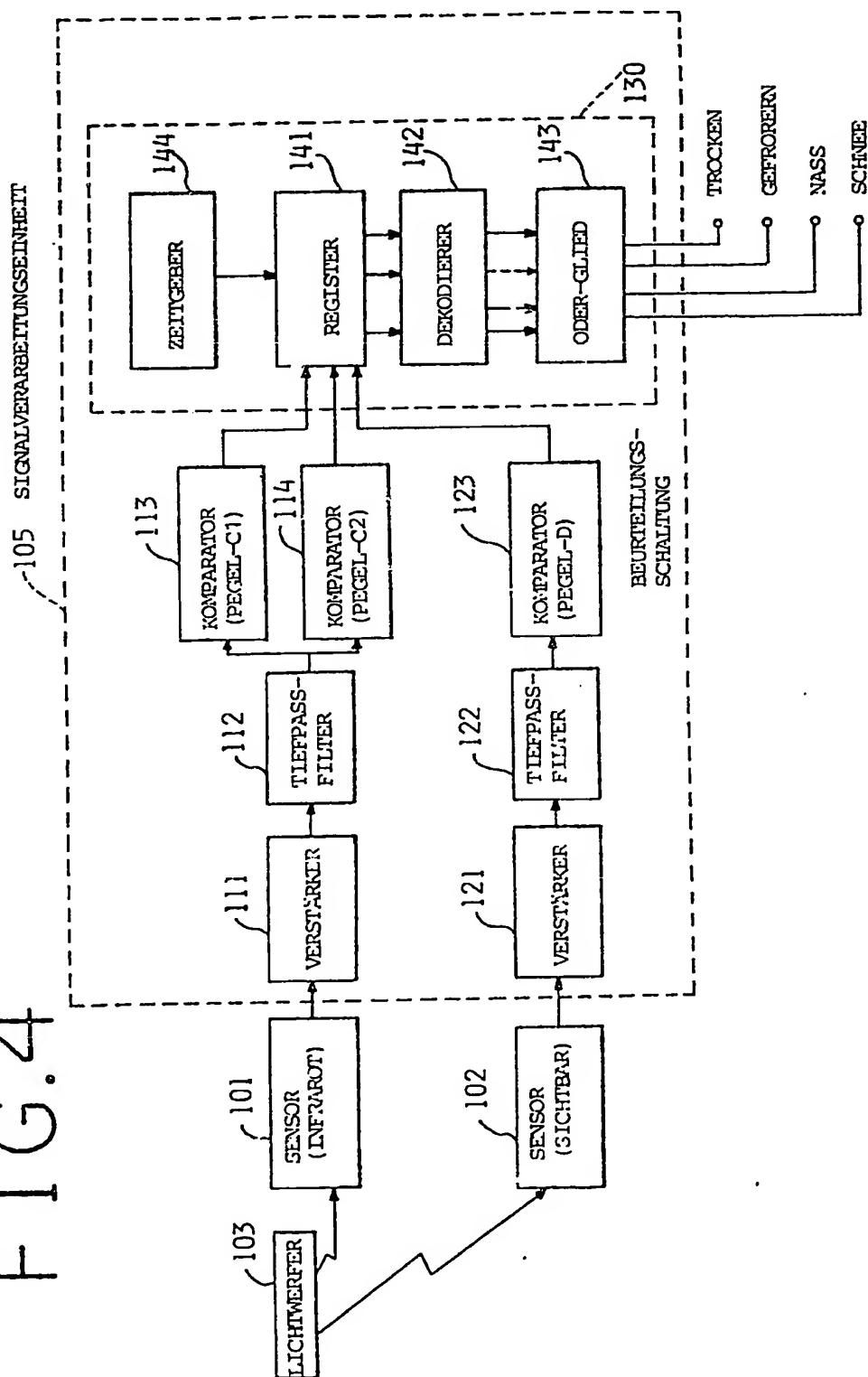


FIG. 5

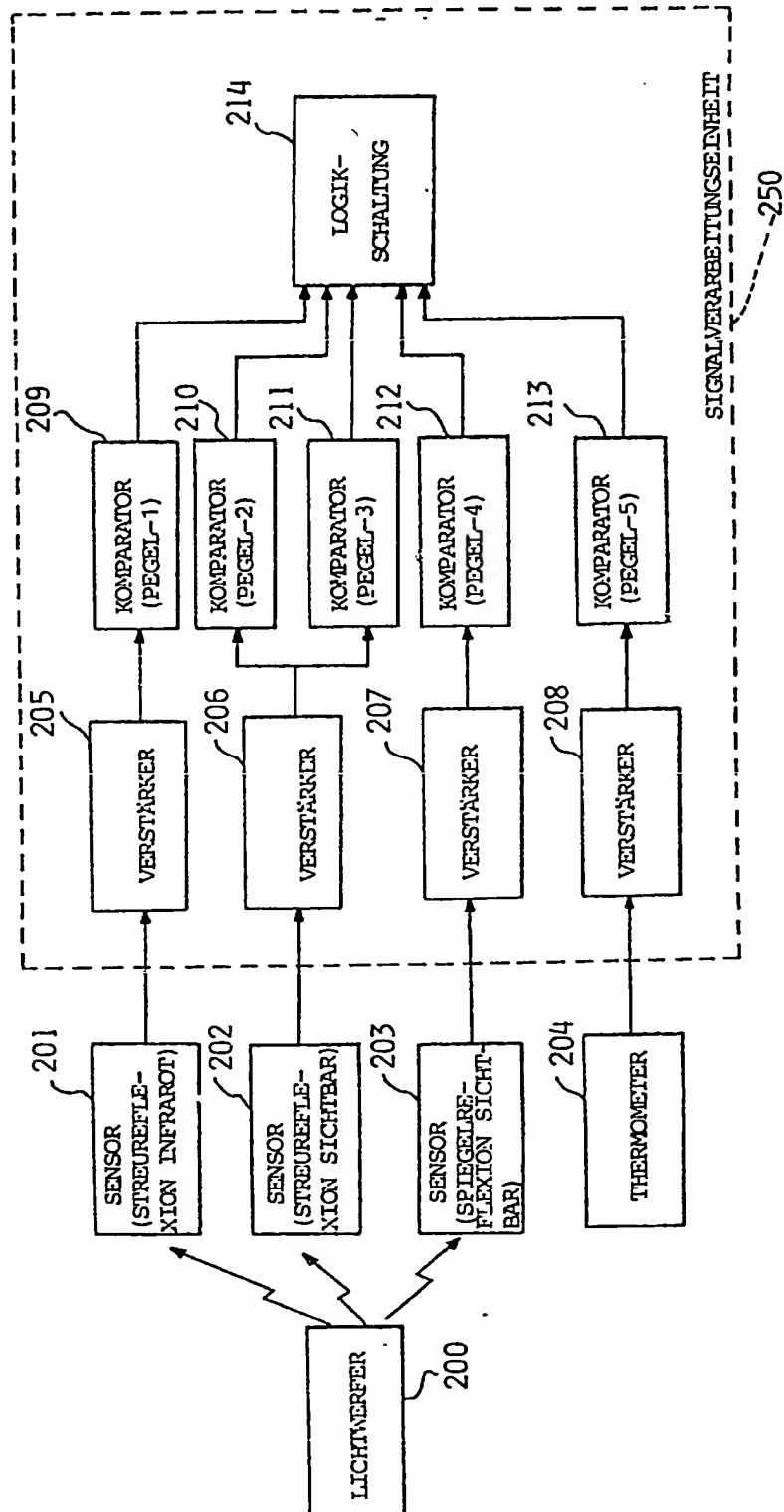


FIG. 6

